

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3342994号

(P3342994)

(45) 発行日 平成14年11月11日 (2002. 11. 11)

(24) 登録日 平成14年 8 月23日 (2002. 8. 23)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 2 1 F 5/10

G 2 1 C 19/32

W

G 2 1 C 19/32

G 2 1 F 9/36

5 0 1 J

G 2 1 F 9/36

5 0 1

5/00

P

請求項の数 4 (全 4 頁)

(21) 出願番号

特願平7-199594

(22) 出願日

平成7年8月4日 (1995. 8. 4)

(65) 公開番号

特開平9-49898

(43) 公開日

平成9年2月18日 (1997. 2. 18)

審査請求日

平成12年9月20日 (2000. 9. 20)

(73) 特許権者 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号

(72) 発明者 谷内 ▲廣▼明

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号
株式会社神戸製鋼所 高砂製作所内

(72) 発明者 萬谷 健一

兵庫県加古川市平岡町二俣573

(74) 代理人 100089196

弁理士 梶 良之

審査官 山口 教司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射性物質の輸送兼貯蔵用容器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内胴と外胴の間にガンマ線遮蔽層及び中性子遮蔽層が設けられるとともに、これらガンマ線遮蔽層及び中性子遮蔽層を貫通して且つ内胴及び外胴に取付けて熱良導体が設けられてなることを特徴とする放射性物質の輸送兼貯蔵用容器。

【請求項2】 請求項1記載の放射性物質の輸送兼貯蔵用容器において、ガンマ線遮蔽層及び中性子遮蔽層の夫々が、周方向に複数に分割されたブロック体で形成されるとともに、互いに周方向で隣合うブロック体同士の間、に熱良導体が挟まれてなる放射性物質の輸送兼貯蔵用容器。

【請求項3】 ガンマ線遮蔽層及び中性子遮蔽層の夫々のブロック体が、長手方向に複数に分割されるとともに、その当接面が傾斜面あるいは凹凸が噛み合う凹凸面

に形成されてなる請求項2記載の放射性物質の輸送兼貯蔵用容器。

【請求項4】 ガンマ線遮蔽層のブロック体が鉛からなる請求項2記載の放射性物質の輸送兼貯蔵用容器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、使用済核燃料等の放射性物質の輸送兼貯蔵用容器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 原子力発電所等から出る使用済核燃料等の放射性物質の輸送兼貯蔵用容器は、その内部に収納した使用済核燃料等の放射性物質が崩壊する際に発生する熱を効果的に放熱するとともに、放射性物質から放射されるガンマ線や中性子を遮蔽するように構成され、例えば特開平 7- 27896号公報、特公平 5- 39520号公報等

に提案されたものがある。

【0003】特開平 7- 27896号公報に提案のものは、鋼板製の内胴及び外胴の間に鉛層を設け、外胴の外側に中性子遮蔽材を設けるとともに、さらに中性子遮蔽材の外側に放熱フィンを設けた構成とし、前記鉛層を内胴の外面に鉛・錫系の溶化材の薄膜を介して密着させることによって、内胴内部で発生する放射性物質の崩壊熱等を効率的に外へ放熱させ、また鉛層によって放射性物質から放射されるガンマ線を、中性子遮蔽材によって中性子を夫々遮蔽し、安全に使用済核燃料等の放射性物質を輸送するものである。

【0004】また、特公平 5- 39520号公報に記載のものは、金属製の筒形の容器本体と外筒との間に、容器本体の外周面に面接触する辺部と容器本体の放射方向に延びる辺部とからなるL字形の金属製の伝熱部材を容器本体の周方向に複数本互いに隣接して容器本体の長さ方向に配置し、さらに伝熱部材の放射方向の辺の端部を外筒の内面に結合し、伝熱部材と外筒とによって形成される密閉空間に中性子遮蔽材料を充填して構成されたものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記特開平 7- 27896号公報に提案のものは、ガンマ線の遮蔽を、遮蔽能に優れた鉛を内胴と外胴の間に設けて行うことから、内胴の厚さを薄くし得る利点があり、また鉛層を内胴の外面に鉛・錫系の溶化材の薄膜を介して密着させているので、内胴内部で発生する放射性物質の崩壊熱等を効率的に外へ放熱し得る利点を有するが、鉛層を内胴の外面に密着させるために、内胴の外面に塩化亜鉛や塩化第1錫等を含むフラックスを塗布した後、鉛・錫系の溶化材を溶解塗布し、この内胴と外胴を組み合わせ内胴と外胴の間に鉛を鑄込む所謂ホモゲン処理を採用して鉛層を形成しており、このため、容器の製造期間が長くなると同時にコストの高いものとなる。また、内胴と外胴の間に鉛を直接鑄込むため、ポイド等の欠陥が発生しないように鑄込まなければならない上に、鑄込み後に容器全面についてホモゲン処理による欠陥等の有無を超音波検査する必要がある。さらに、鑄込み時の熱によって内胴及び外胴が変形しこの変形によって内胴と外胴の間隔が不均一になり、鑄込まれた鉛厚さに薄い部分が生じるため、これを考慮して必要な遮蔽厚さ以上に鉛を鑄込む必要がある。

【0006】また、特公平 5- 39520号公報に記載のものは、容器本体を炭素鋼のみ又は炭素鋼と炭素鋼の間に鉛層を介在させて製造しガンマ線を遮蔽するが、炭素鋼のみでガンマ線を遮蔽する場合には、鋼は鉛に比較してガンマ線遮蔽能が劣るため相当な厚さの容器本体とする必要があり、容器本体を厚くしても伝熱性能は比較的良好な熱的な問題は無いものの容器本体内の放射性物質の収納容積が減り収納効率が悪くなる。一方、炭素鋼と炭素

鋼の間に鉛層を介在させた場合には、ガンマ線遮蔽能が良くなるものの炭素鋼と炭素鋼の間に鉛層を密着させて設けることが難しく伝熱性能が劣り熱的な問題があり、これを解消して密着させるには、上記特開平 7- 27896号公報に提案されているようなホモゲン処理をして鉛層を設ける必要があり、いずれの場合も問題がある。

【0007】本発明は、上記の問題を改善するためになしたものであって、その目的は、放射性物質の収納効率を高め、伝熱性能に優れるとともに、ガンマ線や中性子を効果的に遮蔽し得る放射性物質の輸送兼貯蔵用容器を提供するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明に係る放射性物質の輸送兼貯蔵用容器は、内胴と外胴の間にガンマ線遮蔽層及び中性子遮蔽層が設けられるとともに、これらガンマ線遮蔽層及び中性子遮蔽層を貫通して且つ内胴及び外胴に取付けて熱良導体が設けられてなるものである。

【0009】そして、上記の放射性物質の輸送兼貯蔵用容器においては、ガンマ線遮蔽層及び中性子遮蔽層の夫々が、周方向に複数に分割されたブロック体で形成されるとともに、互いに周方向で隣合うブロック体同士の間に熱良導体が挟まれた構成としてもよい。

【0010】また、上記の放射性物質の輸送兼貯蔵用容器において、ガンマ線遮蔽層及び中性子遮蔽層の夫々のブロック体は、長手方向に複数に分割されるとともに、その当接面が傾斜面あるいは凹凸が噛み合う凹凸面に形成されてあってもよい。また、ガンマ線遮蔽層のブロック体が鉛からなるものであってもよい。

【0011】上記の構成では、放射性物質から放射されるガンマ線は、内胴の外側に設けたガンマ線遮蔽層によって遮蔽され、また放射性物質の崩壊熱は、熱良導体によって内胴から外胴に効率良く伝熱されるので、内胴の厚さは圧力容器としての機能をはたす最小厚さで構成できるとともに、ガンマ線遮蔽層をホモゲン処理等の特別の処理を施してまで伝熱性能を高める必要が無いことから製造が比較的容易で製造コストの抑制が図れる。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係る放射性物質の輸送兼貯蔵用容器の正断面図、図2は、図1の横断面図、図3は、図2のX部拡大断面図である。図において、1は内胴、2熱良導体、3ガンマ線遮蔽層、4は中性子遮蔽層、5外胴を表す。

【0013】内胴1と外胴5は、夫々鋼製の円筒形のもので、外胴5の内径は内胴1の外径より所定量大きく形成されている。そして内胴1は、密封容器としての機能をはたすために必要な最小厚さを有する。このように必要な最小厚さとすることで、放射性物質の収納効率が改善され、また輸送兼貯蔵用容器全体の軽量化が図れる。

【0014】熱良導体2は、銅やアルミ等の熱伝導性の

良い金属の薄板を断面L字形に曲げ加工した比較的長尺の形材であって、L字形の辺部6が内胴1の外周面に周方向に所定間隔で隣接配置されると共にその裏面が内胴1の外周面に圧接するように、他方の辺部7の先端が外胴5の内周面に溶接される。このように熱良導体2を取付けることで、内胴1と外胴5の間には辺部7により仕切られた空間8が形成される。また、内胴1の熱は、熱良導体2を通して外胴5へ効率良く伝熱されると共に外胴5より外部へ放熱される。なお、辺部6の裏面は、内胴1の外周面に圧接するように設ける以外に、ボルトやロー付け等の手段によって密着するように取付けてもよい。

【0015】ガンマ線遮蔽層3は、ガンマ線の遮蔽に必要な厚さの鉛製のブロック体であって、その断面形状は上記空間8の内胴1の外周面寄りの断面形状に沿う形状に形成されるとともに、その長さは空間8の長さにほぼ等しく形成され、空間8の内胴1の外周面寄りに挿入される。

【0016】中性子遮蔽層4は、中性子の遮蔽に必要な厚さの樹脂製のブロック体であって、その断面形状は上記空間8の外胴5の内周面寄りの断面形状に沿う形状に形成されるとともに、その長さは空間8の長さにほぼ等しく形成され、空間8のガンマ線遮蔽層3と外胴5の内周面との間に挿入される。

【0017】そして、上記の如く構成された筒状の胴本体9の下開口部には、内胴1と同材質の底蓋10が内胴1に溶接固定して取付けられるとともに、その外側に底外蓋（保護底）11が取付けられ、また上開口部には、内胴1と同材質あるいはステンレス鋼などの内蓋12及びその外側に外蓋（保護カバー）13が取付けられている。

【0018】上記構成の本発明に係る放射性物質の輸送兼貯蔵用容器においては、容器内部に収納した放射性物質から放射されるガンマ線は、内胴1の外側に設けたガンマ線遮蔽層3によって遮蔽するので、内胴1の厚さは圧力容器としての機能を果たす最小厚さで良いことになり、放射性物質の収納効率を高めることができる。また、内胴1と外胴5の間には、ガンマ線遮蔽層3及び中性子遮蔽層4を設けるとともに、これらガンマ線遮蔽層3及び中性子遮蔽層4を貫通させて熱良導体2を設けているので、容器内部に収納した放射性物質の崩壊熱は、熱良導体2によって内胴1から外胴5に効率良く伝熱されるので、ガンマ線遮蔽層3をホモゲン処理等の特別の処理を施してまで伝熱性能を高める必要が無くなり、製造が比較的容易となり製造コストの抑制が図れる。

【0019】また、ガンマ線遮蔽層3及び中性子遮蔽層4を夫々ブロック体として空間8に挿入して設けることができるので、この場合には、ガンマ線遮蔽層3及び中性子遮蔽層4共現場での鋳込み作業を行う必要が無く、専用の鋳込み現場でブロック体を予め生産できるので大量生産し得るとともに、ガンマ線遮蔽層3及び中性子遮

蔽層4の施工がし易くなり、この点でも製造コストが有利に図れる。

【0020】またさらに、ガンマ線遮蔽層3及び中性子遮蔽層4を夫々ブロック体は、長手方向に所定長さで分割されてあってもよく、この場合には長さが短くなることから、上記専用の鋳込み現場でのブロック体の生産がより容易になるとともに、施工もし易くなる。なお、この場合、長手方向の当接面は、放射線のストリーミングを防止するため、図4aに示すような傾斜面14や、図4b及びcに示すような階段状の凹凸面15に形成する必要がある。

【0021】なお、上記実施形態においては、胴本体9が円筒体の場合を例に説明したが、本発明は、この例に限定されるものではなく、例えば、四角筒や多角筒であってもよい。

【0022】また、上記実施形態においては、ガンマ線遮蔽層3及び中性子遮蔽層4が長手方向に均一な厚さの場合を例に説明したが、本発明は、この例に限定されるものではなく、図5に示すように、例えば、上下端のブロック体16が中間のブロック体17より厚く構成されてあってもよい。ガンマ線遮蔽層3及び中性子遮蔽層4がブロック体の場合には、このように長手方向あるいは周方向で厚さを容易に変えることができ、収納される放射性物質の線源分布に対応させて厚さを変えることができる。

【0023】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る放射性物質の輸送兼貯蔵用容器であれば、製造が比較的容易でコストの抑制が図られる上に、放射性物質の収納効率を高め、伝熱性能に優れるとともに、ガンマ線や中性子を効果的に遮蔽できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る放射性物質の輸送兼貯蔵用容器の正断面図である。

【図2】図1の横断面図である。

【図3】図2のX部拡大断面図である。

【図4】本発明に係るガンマ線遮蔽ブロック体の説明図であって、aは接合面が傾斜面の場合の説明図、b及びcは接合面が凹凸面の場合の説明図である。

【図5】本発明に係る放射性物質の輸送兼貯蔵用容器の、他の実施形態の正断面図である。

【符号の説明】

1：内胴	2：熱良導体	
3：ガンマ線遮蔽層		
4：中性子遮蔽層	5：外胴	
6、7：L字形の辺部		
8：空間	9：胴本体	1
10：底蓋		
11：底外蓋	12：内蓋	1
13：外蓋		

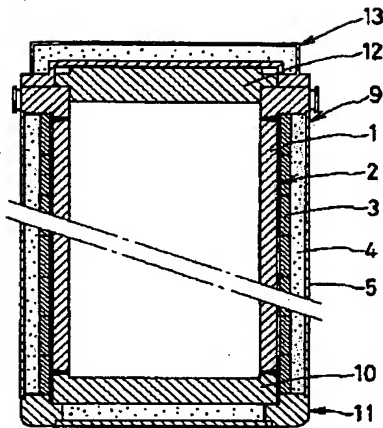
14: 傾斜面

15: 凹凸面

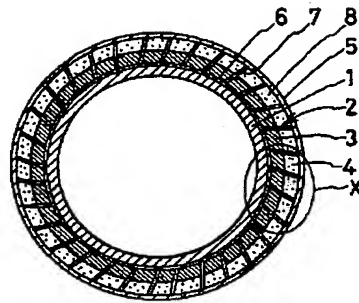
1

6, 17: ブロック体

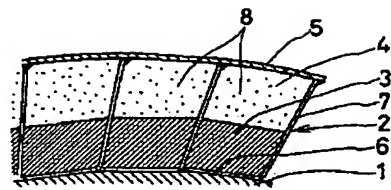
【図1】



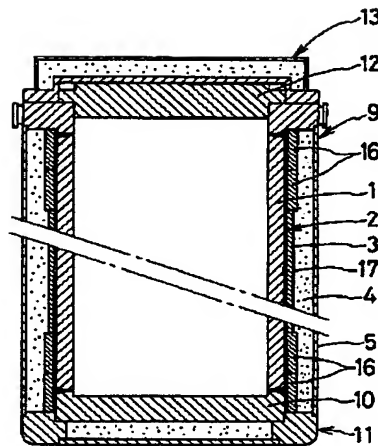
【図2】



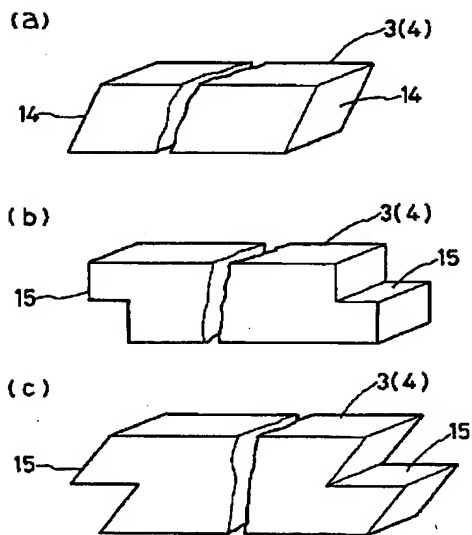
【図3】



【図5】



【図4】



フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 昭59-132396 (J P, A)
 特開 昭61-198099 (J P, A)
 特開 昭59-162487 (J P, A)
 実開 平4-22000 (J P, U)
 実開 平1-117598 (J P, U)

(58) 調査した分野(Int. Cl. 7, DB名)

G21F 5/10
 G21C 19/32
 G21F 9/36 501

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-141891

(43)Date of publication of application : 25.05.2001

(51)Int.Cl.

G21F 9/36

G21C 19/06

G21F 5/008

(21)Application number : 11-319829

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 10.11.1999

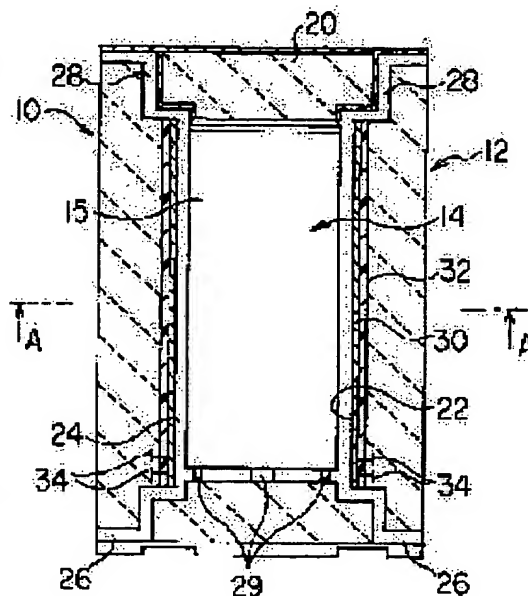
(72)Inventor : ARIKAWA HIROSHI
 KONDO MAKOTO
 ASADA KAZUO
 SEKIMOTO HISASHI
 MATSUNAGA KENICHI
 MURAKAMI KAZUO
 KIMURA SUSUMU
 IRINO MITSUHIRO
 IRIE TAKAYUKI

(54) CONCRETE-MADE STORAGE CONTAINER, AND STORAGE ROOM OF THE CONCRETE-MADE STORAGE CONTAINER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a concrete-made storage container capable of strong radioactive materials safely, stably and for a long period and a storage room of the concrete-made storage container.

SOLUTION: A nearly cylindrical container body 12 formed with concrete has a column shape container part 22, and in this container part, a canister 14 sealing radioactive material is contained. The air introduced through an intake piece 26 placed at the bottom of the container body flows through a cooling air path 24 located between the inner surface of the container part and the outer surface of the canister, removes heat generated out of the radioactive material and is exhausted out of the exhaust piece 28 placed in the upper part of the container body. In between the inner surface of the container body and the cooling air path, a metal-made liner 30 is placed. In between the inner surface of the container body and the liner, a buffer 32 is provided. The buffer shields neutron generated from the radioactive materials, has insulation effect and absorbs deformation due to thermal expansion of the liner.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-141891

(P2001-141891A)

(43) 公開日 平成13年5月25日 (2001.5.25)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 2 1 F 9/36

5 4 1

G 2 1 F 9/36

5 4 1 A

5 0 1

5 0 1 J

G 2 1 C 19/06

G 2 1 C 19/06

U

G 2 1 F 5/008

G 2 1 F 5/00

S

F

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願平11-319829

(22) 出願日

平成11年11月10日 (1999. 11. 10)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 有川 浩

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(72) 発明者 近藤 誠

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

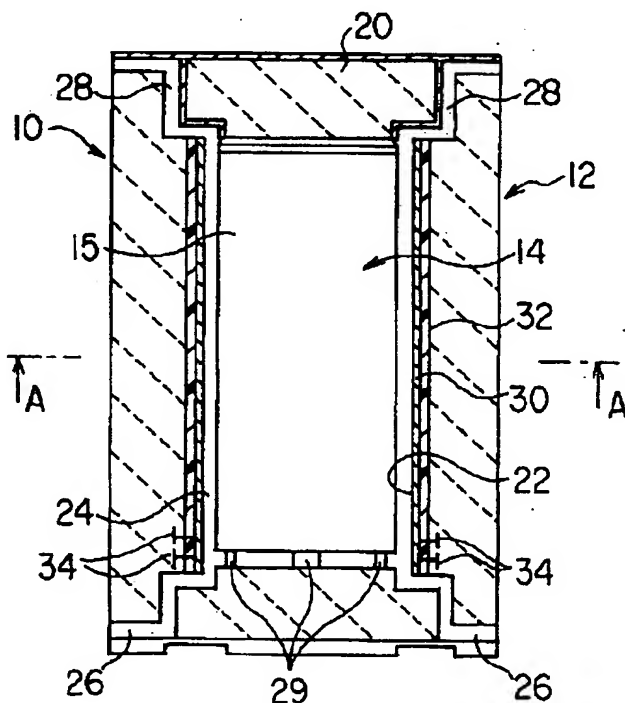
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンクリート製貯蔵容器、およびコンクリート製貯蔵容器の保管庫

(57) 【要約】

【課題】、放射性物質を長期間に亘って安全にかつ安定して貯蔵可能なコンクリート製貯蔵容器、およびコンクリート製貯蔵容器の保管庫を提供することにある。

【解決手段】 コンクリートにより形成されたほぼ筒状の容器本体12は円柱状の収納部22を有し、この収納部には、放射性物質が封入されたキャニスタ14が収納されている。容器本体の底部に設けられた吸気口26から導入された空気は、収納部の内面とキャニスタの外面との間に規定された冷却空気流路24を流れて放射性物質から発生する熱を除去し、容器本体の上部に設けられた排気口28から排出される。容器本体の内面と冷却空気流路との間には金属製のライナ30が設けられ、容器本体の内面とライナとの間には緩衝材32が設けられている。緩衝材は、放射性物質から発生した中性子を遮蔽するとともに断熱性を有し、ライナの熱膨張による変形を吸収する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】放射性物質が封入された密閉容器を収納したコンクリート製貯蔵容器において、
上記密閉容器が収納された収納部を内部に有し、コンクリートにより形成されたほぼ筒状の容器本体と、
上記容器本体の底部に設けられた吸気口、上記容器本体の上部に設けられた排気口、および上記収納部の内面と上記密閉容器の外表面との間に規定された冷却空気流路を有し、上記吸気口から容器本体内部に導入された空気を上記冷却空気流路に流して上記放射性物質から発生する熱を除去し、上記排気口から排出する除熱部と、
上記容器本体の内面と上記冷却空気流路との間に設けられた金属製のライナと、
上記容器本体の内面と上記ライナとの間に設けられ、上記放射性物質から発生した中性子を遮蔽するとともに断熱性を有し、上記ライナの熱膨張による変形を吸収する緩衝材と、
を備えていることを特徴とするコンクリート製貯蔵容器。

【請求項2】上記緩衝材は、上記ライナの外面に固定されているとともに、上記ライナの軸方向に沿った熱膨張に応じて、上記容器本体の内面に対し相対変位可能に設けられていることを特徴とする請求項1に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項3】放射性物質が封入された密閉容器を収納したコンクリート製貯蔵容器において、
上記密閉容器が収納された収納部を内部に有し、コンクリートにより形成されたほぼ筒状の容器本体と、
上記容器本体の底部に設けられた吸気口、上記容器本体の上部に設けられた排気口、および上記収納部の内面と上記密閉容器の外表面との間に規定された冷却空気流路を有し、上記吸気口から容器本体内部に導入された空気を上記冷却空気流路に流して上記放射性物質から発生する熱を除去し、上記排気口から排出する除熱部と、
上記容器本体の内面に設けられた金属製のライナと、
上記ライナから上記容器本体の外表面まで延び、上記容器本体を軸方向に沿って複数のブロックに分割した金属製の第1分割板と、
上記ライナから上記容器本体の外表面まで延び、上記容器本体を周方向に沿って複数のブロックに分割した金属製の第2分割板と、
を備えたことを特徴とするコンクリート製貯蔵容器。

【請求項4】上記第1分割板は、上記容器本体の軸方向に沿って折曲げられた段差部を有し、上記第2分割板は、上記容器本体の周方向に沿って折曲げられた段差部を有していることを特徴とする請求項3に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項5】放射性物質が封入された密閉容器を収納したコンクリート製貯蔵容器において、
上記密閉容器が収納された収納部を内部に有し、コンク

リートにより形成されたほぼ筒状の容器本体と、
上記容器本体の底部に設けられた吸気口、上記容器本体の上部に設けられた排気口、および上記収納部の内面と上記密閉容器の外表面との間に規定された冷却空気流路を有し、上記吸気口から容器本体内部に導入された空気を上記冷却空気流路に流して上記放射性物質から発生する熱を除去し、上記排気口から排出する除熱部と、
上記容器本体の内面に設けられた金属製のライナと、を
備え、
上記容器本体は、ほぼ筒状の外容器と、上記外容器内に隙間を置いて同軸的に配置され上記収納部を規定した筒状の内部容器と、を有し、上記ライナは上記内部容器の内面に設けられていることを特徴とするコンクリート製貯蔵容器。

【請求項6】上記除熱部は、上記内部容器の内面と上記密閉容器の外表面との間に規定された第1冷却空気流路と、上記内部容器の外表面と外容器の内表面との間に規定された第2冷却空気流路と、を含んでいることを特徴とする請求項5に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項7】放射性物質が封入された密閉容器を収納したコンクリート製貯蔵容器において、
上記密閉容器が収納された収納部を内部に有し、コンクリートにより形成されたほぼ筒状の容器本体と、
上記容器本体の底部に設けられた吸気口、上記容器本体の上部に設けられた排気口、および上記収納部の内面と上記密閉容器の外表面との間に規定された冷却空気流路を有し、上記吸気口から容器本体内部に導入された空気を上記冷却空気流路に流して上記放射性物質から発生する熱を除去し、上記排気口から排出する除熱部と、
上記容器本体の内面に設けられた金属製の内ライナと、
上記容器本体の外面に設けられた金属製の外ライナと、
上記内ライナと外ライナとを連結しているとともに、上記冷却空気流路と上記容器本体外部とを連通した金属製の複数の通気パイプと、
を備えたことを特徴とするコンクリート製貯蔵容器。

【請求項8】上記各通気パイプは、上記容器本体の径方向に延びているとともに、上記容器本体の軸方向に沿って折曲げられた段差部を有していることを特徴とする請求項7に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項9】放射性物質が封入された密閉容器を収納したコンクリート製貯蔵容器において、
底壁により下端が閉塞されているとともに、上記密閉容器を収納した収納部を内部に有し、コンクリートにより形成されたほぼ筒状の容器本体と、
上記容器本体の上端開口を閉塞した蓋と、
上記容器本体の底部に設けられた吸気口、上記容器本体の上部に設けられた排気口、および上記収納部の内面と上記密閉容器の外表面との間に規定された冷却空気流路を有し、上記吸気口から容器本体内部に導入された空気を上記冷却空気流路に流して上記放射性物質から発生する熱

を除去し、上記排気口から排出する除熱部と、上記密閉容器の下端部が嵌合された凹所を有した底板を具備し、上記容器本体の内面に設けられた金属製の内ライナと、

上記容器本体の外面に設けられた金属製の外ライナと、上記容器本体および蓋の内面と上記密閉容器の上部との間の隙間に挿入され、上記容器本体および蓋に対する上記密閉容器の変位を規制したスペーサと、を備えたことを特徴とするコンクリート製貯蔵容器。

【請求項10】上記スペーサは、上記排気口を避けて複数設けられていることを特徴とする請求項9に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項11】上記蓋上に設けられた中空の上部緩衝体と、上記容器本体の底壁の下に設けられた中空の下部緩衝体と、を備えていることを特徴とする請求項請求項9又は10に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項12】上記内ライナから上記外ライナまで放射状に延び、上記内ライナおよび外ライナを互いに連結した金属製の連結板を備えていることを特徴とする請求項9ないし11のいずれか1項に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項13】放射性物質が封入されたほぼ筒状の密閉容器を収納したコンクリート製貯蔵容器において、上記密閉容器が収納された収納部を内部に有し、コンクリートにより形成されたほぼ筒状の容器本体と、上記容器本体の底部に設けられた吸気口、上記容器本体の上部に設けられた排気口、および上記収納部の内面と上記密閉容器の外表面との間に規定された冷却空気流路を有し、上記吸気口から容器本体内に導入された空気を上記冷却空気流路に流して上記放射性物質から発生する熱を除去し、上記排気口から排出する除熱部と、上記容器本体の内面に設けられた金属製のライナと、上記密閉容器の外表面あるいは上記ライナの内面のいずれかに設けられ、上記冷却空気流路内を上記密閉容器の軸方向に沿って延びた複数の放熱フィンと、を備えたことを特徴とするコンクリート製貯蔵容器。

【請求項14】上記各放熱フィンは、上記密閉容器の軸方向全長の領域に亘って設けられていることを特徴とする請求項13に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項15】上記各放熱フィンは、上記密閉容器の上半部の領域に亘って設けられていることを特徴とする請求項13に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項16】上記放熱フィンは、上記密閉容器の上半部の領域に亘って設けられた複数の上部放熱フィンと、上記密閉容器の下半部の領域に亘って設けられた複数の下部放熱フィンと、を含み、上記上部放熱フィンは、上記密閉容器の周方向に沿って、上記下部放熱フィンよりも密に設けられていることを特徴とする請求項13に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項17】それぞれ上記放熱フィンの内の複数組の放熱フィンの延出端同士を連結しているとともに、上記密閉容器の外表面に所定の隙間を持って対向した複数の補強板を備えていることを特徴とする請求項13ないし16のいずれか1項に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項18】上記吸気口および排気口は、上記容器本体の内表面側から外表面側に向かって断面積が徐々に増加した形状に形成されていることを特徴とする請求項13ないし17のいずれか1項に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項19】上記吸気口は、上記容器本体の底面および底部外周面に開口し、上記排気口は、上記容器本体の上面および上部外周面に開口していることを特徴とする請求項13ないし18のいずれか1項に記載のコンクリート製貯蔵容器。

【請求項20】請求項1ないし19のいずれか1項に記載のコンクリート製貯蔵容器を保管する保管庫において、複数の上記コンクリート製貯蔵容器が載置された設置床と、多数の吸気口および排気口が設けられた天井壁と、を含む複数のコンクリート壁と、上記設置床に所定の隙間を持って対向配置され、人が歩行可能な中間床と、を備え、上記中間床は、各コンクリート製貯蔵容器の容器本体に設けられた上記吸気孔よりも高い位置で、かつ、容器本体の上記排気孔から離間して設けられ、上記各コンクリート製貯蔵容器は、上記中間床を貫通して配置されていることを特徴とするコンクリート製貯蔵容器の保管庫。

【請求項21】上記設置床と中間床と間に、上記吸気口から導入された冷却空気が流れる流通空間が規定され、この流通空間は、上記吸気口側に位置し流入口を形成した一端部と、上記排気口側に位置し閉塞された他端部と、を有していることを特徴とする請求項20に記載のコンクリート製貯蔵容器の保管庫。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、熱発生を伴う放射性物質を貯蔵管理するコンクリート製貯蔵容器、いわゆるコンクリートキャスク、および複数のコンクリート製貯蔵容器を保管するための保管庫に関する。

【0002】

【従来の技術】原子炉の使用済燃料に代表される高放射性物質は、解体処理されるとともに、プルトニウム等の再度燃料として使用可能な有用物質を回収するため、再処理される。そして、これらの使用済燃料は、再処理を行うまでの間、密閉された状態で貯蔵されている。このような高放射性物質の貯蔵方法としては、貯蔵プール等による湿式法、あるいは、キャスク等による乾式法が知られている。

【0003】乾式法は、水に代わり空気によって自然冷却を行う貯蔵方法であり、湿式法に比較して運転コストが低いことから注目を集め、開発が進められている。また、乾式法に用いるキャスクには種々の構造のものがあるが、コンクリート構造物によって使用済燃料を遮蔽するコンクリートキャスクは、低コストであることから特に注目されている。コンクリートは、中性子遮蔽材として優れているとともに、構造体として必要な強度が得られる等の利点も備えている。

【0004】このようなコンクリートキャスクは、上部および底部が閉塞された筒状のコンクリート容器を備え、使用済燃料が封入された筒状の金属密閉容器、いわゆるキャニスタ、をコンクリート容器内に収納配置することにより、使用済燃料からの放射性物質を遮蔽している。また、コンクリート容器の内面には、放射線の遮蔽、伝熱促進、容器の補強等を目的として、炭素鋼等の金属からなる筒状のライナが設けられている。

【0005】一般に、コンクリート自体は伝熱特性が低いため、コンクリートキャスクには、使用済燃料から発生した崩壊熱を除熱するための除熱構造が設けられている。すなわち、コンクリート容器の内周面とキャニスタの外面との間には、冷却空気流路として機能する隙間が形成され、コンクリート容器の底部には吸気口が、また、容器の上部には排気口がそれぞれ設けられている。そして、吸気口からコンクリート容器内に導入された冷却空気としての外気を、冷却空気流路を流して自然対流させ排気口から排出することにより、キャニスタおよびコンクリート容器を除熱し冷却している。

【0006】このように構成されたコンクリートキャスクでは、上述した除熱構造により使用済燃料の冷却、コンクリート層により放射線の遮蔽、キャニスタにより使用済燃料の密封を担保している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記構成のコンクリートキャスクは、高放射性物質を長期間に亘って安全に、かつ、安定して保管する必要がある、長期間に亘って高い放射線遮蔽性能が要求される。

【0008】しかしながら、放射性物質の遮蔽体であるコンクリートは、熱による影響を受け易く、高温になると著しく強度が低下する。コンクリートキャスクに収納される使用済燃料は高温であり、コンクリートが局部的に加熱されて制限温度を越えると、コンクリートの強度が局部的に低下し、クラック等の発生を招く。そして、コンクリート容器にクラック等が発生した場合には、その部分から放射線が漏洩し、健全性を担保することが困難となる。従って、コンクリート容器の耐熱性の向上、および除熱性能の向上が必要となる。

【0009】また、コンクリートキャスクが転倒、落下物の衝突等により大きな衝撃を受けた場合、コンクリート容器にクラック等が発生したり、あるいは、コンクリ

ート容器の破壊を生じる恐れがある。この場合も、上記と同様に、コンクリートキャスクから放射線が漏洩し、健全性を担保することが困難となる。従って、コンクリート容器の耐衝撃性を向上し、構造体としての強度を十分に上げることが必要となる。

【0010】一方、上記のようなコンクリートキャスクは、一般に、保管庫内に多数個並べた状態で保管される。この保管庫は、その壁面がコンクリートで形成され、天井部分には吸気口および排気口が設けられている。そして、吸気口から保管庫内に導入された外気は、コンクリートキャスクの周囲を流れて排気口から外部に排出される。また、導入された外気の一部は、キャスクのコンクリート容器内に導入され、キャニスタおよびコンクリート容器を冷却した後、保管庫内に排気される。

【0011】前述したコンクリートキャスクは、コンクリート容器の吸気孔および排気孔周辺で放射線の漏れが多くなる。コンクリート容器の上部に設けられた排気孔は、保管庫の床面から5m程度上方に位置しているため、保管庫内で巡回、点検作業を行う作業員に対して、排気孔からの放射線が影響することは少ない。

【0012】しかしながら、コンクリート容器の下部に設けられた吸気孔は、保管庫の床面から1m程度の位置にあるため、保管庫内で巡回、点検作業を行う作業員が吸気孔の前を横切る可能性がある。

【0013】また、通常、保管庫において、コンクリートキャスクは冷却空気の流れ方向に沿って複数個直列に配置されている。そのため、下流側に位置したコンクリートキャスクは、上流のコンクリートキャスクを冷却して温度の上昇した空気を吸い込むことになり、冷却効率が低下する恐れがある。

【0014】この発明は以上の点に鑑みなされたもので、その目的は、放射性物質を長期間に亘って安全にかつ安定して貯蔵可能なコンクリート製貯蔵容器、およびコンクリート製貯蔵容器を保管するための保管庫を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、この発明に係るコンクリート製貯蔵容器は、放射性物質が封入された密閉容器を収納した収納部を内部に有し、コンクリートにより形成されたほぼ筒状の容器本体と、上記容器本体の底部に設けられた吸気口、上記容器本体の上部に設けられた排気口、および上記収納部の内面と上記密閉容器の外表面との間に規定された冷却空気流路を有し、上記吸気口から容器本体内に導入された空気を上記冷却空気流路に流して上記放射性物質から発生する熱を除去し、上記排気口から排出する除熱部と、上記容器本体の内面と上記冷却空気流路との間に設けられた金属製のライナと、上記容器本体の内面と上記ライナとの間に設けられ、上記放射性物質から発生した中性子を遮蔽するとともに断熱性を有し、上記ライナの熱膨張

による変形を吸収する緩衝材と、を備えたことを特徴としている。

【0016】上記コンクリート製貯蔵容器によれば、緩衝材の断熱機能により、密閉容器から容器本体に伝わる熱量が低減し、容器本体を構成するコンクリートの昇温が抑えられる。また、ライナが熱膨張により径方向外方に広がるように変形した場合、緩衝材が圧縮され、ライナの変形を吸収する。そのため、容器本体に作用する引張り応力が低減し、容器本体におけるクラックの発生等を防止することができる。また、緩衝材によって放射性物質から発生した中性子が遮蔽されるため、コンクリート製貯蔵容器全体の遮蔽性能が向上するとともに、容器本体のコンクリート壁厚の低減が可能となる。

【0017】この発明に係る他のコンクリート製貯蔵容器は、放射性物質が封入された密閉容器を収納した収納部を内部に有し、コンクリートにより形成されたほぼ筒状の容器本体と、上記容器本体の底部に設けられた吸気口、上記容器本体の上部に設けられた排気口、および上記収納部の内面と上記密閉容器の外面との間に規定された冷却空気流路を有し、上記吸気口から容器本体内に導入された空気を上記冷却空気流路に流して上記放射性物質から発生する熱を除去し、上記排気口から排出する除熱部と、上記容器本体の内面に設けられた金属製のライナと、上記ライナから上記容器本体の外周まで延び、上記容器本体を軸方向に沿って複数のブロックに分割した金属製の第1分割板と、上記ライナから上記容器本体の外周まで延び、上記容器本体を周方向に沿って複数のブロックに分割した金属製の第2分割板と、を備えたことを特徴としている。

【0018】ライナが急激に熱膨張した場合、容器本体のコンクリート壁には引張応力が作用し、容器本体に貫通クラックが生じ易いが、上記コンクリート製貯蔵容器によれば、貫通クラックが発生し易い位置に予め第1および第2分割板を配置し、これらの分割板により、コンクリート壁を複数のブロックに分割している。そのため、ライナが急激に熱膨張した場合でも、分割されたコンクリートブロックと第1あるいは第2分割板との間に隙間が生じるだけで、コンクリート壁の他の部分における貫通クラックの発生を防止することができる。また、第1および第2分割板は、ヒートブリッジとしても作用し、密閉容器から発生した熱を容器本体外部へ逃がし、除熱効率の向上を図ることが可能となる。

【0019】更に、この発明に係るコンクリート製貯蔵容器によれば、各分割板は段差部を有し、分割板とコンクリートブロックとの間に形成された隙間は、分割板の段差部によって遮蔽され、容器本体の外周面まで貫通することがない。従って、上記隙間が形成された場合でも放射線が漏洩することがなく、容器本体は、遮蔽性能を安定して維持することができる。

【0020】この発明に係る他のコンクリート製貯蔵容

器によれば、上記容器本体は、ほぼ筒状の外容器と、上記外容器内に隙間を置いて同軸的に配置され上記収納部を規定した筒状の内容器と、を有し、二重構造に構成され、上記ライナは上記内容器の内面に設けられていることを特徴としている。

【0021】上記構成のコンクリート製貯蔵容器によれば、密閉容器からの熱によりライナが急激に加熱されて熱膨張し、内容器に貫通クラックが発生した場合でも、外容器はクラックを生じることなく健全に維持される。そのため、放射線の漏洩を防止でき、遮蔽性能を安定して維持することができる。また、密閉容器と内容器との隙間、および、外容器と内容器との隙間を冷却空気流路として利用することにより、除熱効率が向上し、耐熱性を上げることが可能となる。

【0022】この発明に係る更に他のコンクリート製貯蔵容器は、容器本体の内面に設けられた金属製の内ライナと、上記容器本体の外面に設けられた金属製の外ライナと、上記内ライナと外ライナとを連結しているとともに、上記冷却空気流路と上記容器本体外部とを連通した金属製の複数の通気パイプと、を備えたことを特徴としている。

【0023】この発明は、放射性物質が封入された密閉容器を収納したコンクリート製貯蔵容器において、底壁により下端が閉塞されているとともに、上記密閉容器を収納した収納部を内部に有し、コンクリートにより形成されたほぼ筒状の容器本体と、上記容器本体の上端開口を閉塞した蓋と、上記容器本体の底部に設けられた吸気口、上記容器本体の上部に設けられた排気口、および上記収納部の内面と上記密閉容器の外周との間に規定された冷却空気流路を有し、上記吸気口から容器本体内に導入された空気を上記冷却空気流路に流して上記放射性物質から発生する熱を除去し、上記排気口から排出する除熱部と、上記密閉容器の下端部が嵌合された凹所を有した底板を具備し、上記容器本体の内面に設けられた金属製の内ライナと、上記容器本体の外面に設けられた金属製の外ライナと、上記容器本体および蓋の内面と上記密閉容器の上部との間の隙間に挿入され、上記容器本体および蓋に対する上記密閉容器の変位を規制したスペーサと、を備えたことを特徴としている。

【0024】また、この発明に係るコンクリート製貯蔵容器によれば、上記蓋上に設けられた中空の上部緩衝体と、上記容器本体の底壁の下に設けられた中空の下部緩衝体と、を更に備えている。

【0025】上記のように、容器本体の内面および外面をライナで覆うことにより、容器本体の強度が向上し、特に、上方から大きな衝撃を受けた時における容器本体の座屈を防止し、耐衝撃性を上げることができる。同時に、容器本体が転倒して破損した際、外ライナによってコンクリートの飛散が防止される。更に、ライナに底板を設けることにより、上方から大きな衝撃を受けた時に

おける容器本体の底壁の破損を防止し、耐衝撃性を上げることができる。

【0026】また、密閉容器からの熱によりライナが急激に加熱され熱膨張し、容器本体のコンクリート周壁にクラックが発生した場合でも、外ライナによって放射線の漏洩を防止でき、遮蔽性能を安定して維持することができる。

【0027】一方、ライナの底板に設けられた凹所に密閉容器の下端部を嵌合配置するとともに、容器本体および蓋の内面と密閉容器の上端部との隙間をスペーサによって埋めることにより、密閉容器のガタ付を防止している。そのため、コンクリート製貯蔵容器が大きな衝撃を受けた場合、また、地震等により振動あるいは転倒した場合でも、密閉容器が容器本体の内面や蓋の底面に衝突することがなく、衝突による容器本体および密閉容器の損傷を防止することができる。これにより、コンクリート製貯蔵容器の耐衝撃性が向上する。

【0028】また、容器本体の上部および下部にそれぞれ上部緩衝体、下部緩衝体を設けることにより、落下物等の衝撃を吸収し、コンクリート製貯蔵容器および内部の密閉容器の損傷、破壊を防止することが可能となる。

【0029】更に、この発明に係るコンクリート製貯蔵容器よれば、吸気路および排気路を容器本体の内面側から外面側に向って断面積が徐々に大きくなる形状とすることにより、冷却空気の圧力損失を低減し、冷却空気の流通効率の向上、並びに容器本体および密閉容器の除熱効率の向上を図っている。

【0030】また、この発明に係るコンクリート製貯蔵容器によれば、冷却空気流路に沿って延びる複数の放熱フィンを設けることにより、除熱量を増大させ、容器本体および密閉容器の除熱効率向上を図っている。

【0031】この発明に係るコンクリート製貯蔵容器の保管庫は、複数の上記コンクリート製貯蔵容器が載置された設置床と、多数の吸気口および排気口が設けられた天井壁と、を含む複数のコンクリート壁と、上記設置床に所定の隙間を持って対向配置され、人が歩行可能な中間床と、を備え、上記中間床は、各コンクリート製貯蔵容器の容器本体に設けられた上記吸気孔よりも高い位置で、かつ、容器本体の上記排気孔から離間して設けられ、上記各コンクリート製貯蔵容器は、上記中間床を貫通して配置されていることを特徴としている。

【0032】また、上記コンクリート製貯蔵容器の保管庫において、上記設置床と中間床と間に、上記吸気口から導入された冷却空気が流れる流通空間が規定され、この流通空間は、上記吸気口側に位置し流入口を形成した一端部と、上記排気口側に位置し閉塞された他端部と、を有していることを特徴としている。

【0033】

【発明の実施の形態】以下図面を参照しながら、この発明の第1の実施の形態に係るコンクリートキャスクにつ

いて詳細に説明する。

【0034】図1に示すように、コンクリート製貯蔵容器としてのコンクリートキャスク10は、コンクリートにより形成され遮蔽構造体として機能する容器本体12を備え、この容器本体内には、キャニスタ14が収納されている。キャニスタ14は、両端が閉塞した円筒形状の金属密閉容器15を有し、この金属密閉容器内には、バスケット16により支持された状態で、使用済燃料集合体18が複数体封入されている。これらの使用済燃料集合体18は、例えば、原子炉の使用済燃料であり、崩壊熱に伴う発熱と放射線の発生を伴う放射性物質が含まれている。そして、金属密閉容器15は、封入された内部の放射性物質が外部に漏洩しないよう、溶接密閉構造を有している。

【0035】コンクリートキャスク10の容器本体12は、図1ないし図3に示すように、底部の閉塞された円筒形状を有し、例えば、高さ約6m、直径約4m程度に形成され、また、コンクリートの壁厚は、約0.9m程度に形成されている。容器本体12の上端開口は、外面が炭素鋼板によって覆われたコンクリート製の蓋20により閉塞されている。この蓋20は、複数のボルト21により容器本体12の上端にボルト止めされている。なお、容器本体12のコンクリート壁内には、図示しない配筋が施されている。

【0036】容器本体12内には、容器本体の内周面および蓋20により、円柱形状の収納部22が規定されている。そして、この収納部22内にキャニスタ14が収納されている。すなわち、キャニスタ14は、収納部22の底面に形成された複数のリブ29上に載置されるとともに、容器本体12と同軸的に配置されている。また、14は、その外周面が容器本体12の内周面との間に所定の隙間、例えば、10cm程度の隙間を持った状態で、収納部22内にキャニスタ収納されている。

【0037】そして、キャニスタ14の外周面と容器本体12の内周面との間の上記隙間により、冷却空気が流れる冷却空気流路24が形成されている。この冷却空気流路24は、キャニスタ14の外周面の全周に亘って、かつ、外周面の軸方向全長に亘って形成されている。

【0038】容器本体12の底部には複数、例えば4つの吸気口26が形成され、また、容器本体12の上端部には、同様に、4つの排気口28が形成され、それぞれ冷却空気流路24に連通している。4つの吸気口26は、容器本体12の円周方向に沿って互いに等間隔離間して設けられ、容器本体12の底部外周面に開口している。また、排気口28は、容器本体12の円周方向に沿って互いに等間隔離間して設けられ、容器本体12の上端部外周面に開口している。なお、これらの排気口28は、容器本体12の上端縁と蓋20とによって規定されている。

【0039】これらの吸気口26、排気口28、および

冷却空気流路24は、コンクリートキャスク10の除熱部を構成している。すなわち、吸気口26から容器本体12内に導入された冷却空気としての外気は、冷却空気流路24を通してキャニスタ14の周囲を流れ、その間、キャニスタ14および容器本体12を除熱し冷却する。そして、キャニスタ14からの熱によって加熱され昇温した冷却空気は、排気口28から容器本体12の外部に排出される。

【0040】一方、容器本体12の内周面には、炭素鋼等の金属からなる円筒状のライナ30が設けられ、更に、このライナ30と容器本体12の内周面との間には、円筒状の緩衝材32が設けられている。金属からなるライナ30は、コンクリートに比較して伝熱性が高く、使用済燃料集合体18から発生した熱の伝熱を促進するとともに、使用済燃料集合体18からの放射線、主として γ 線、を遮蔽する機能を有している。

【0041】また、図2および図3に示すように、緩衝材32は、ライナ30の外周面下部に埋め込まれた複数のスタッド34により、ライナ30の外周面に保持されている。すなわち、ここで、スタッド34は、ライナ30の下端から軸方向に沿って互いに離間して2〜3段程度設けられている。これらのスタッド34は、緩衝材32を貫通し容器本体12のコンクリート壁まで延び、容器本体12に対してライナ30の下端を固定している。

【0042】緩衝材32は、水を多く含んだ合成樹脂、例えば、ポリウレタンフォーム、グラスウール、ポリカーボネイト等により厚さ10〜50mm程度に形成され、断熱機能、放射線、特に中性子の遮蔽機能、および緩衝機能を有している。

【0043】すなわち、緩衝材32の断熱機能により、キャニスタ14から容器本体12に伝わる熱量が低減され、容器本体12を構成するコンクリートの昇温を低減し、コンクリートを制御温度100℃内に維持することができる。その結果、コンクリートの局所的な加熱によるクラックの発生等を防止することができる。また、緩衝材32の遮蔽機能によって使用済燃料集合体18から発生した中性子を遮蔽することにより、コンクリートキャスク10全体の遮蔽性能が向上するとともに、容器本体12のコンクリート壁厚の低減が可能となる。

【0044】更に、ライナ30が熱により膨張した場合でも、緩衝材32により容器本体12の損傷、破壊等を防止することができる。すなわち、熱膨張によりライナ30が径方向外方に広がるように変形した場合、これに応じて緩衝材32が圧縮され、ライナの変形を吸収する。そのため、容器本体12に作用する引張り応力が低減し、容器本体におけるクラックの発生等を防止することができる。

【0045】また、ライナ30および緩衝材32は、スタッド34によって固定された下端部を除き、容器本体12の内面に対して変位可能であることから、熱膨張に

よりライナ30が軸方向に変形した場合、容器本体12の内周面に沿って軸方向に相対変位する。そのため、ライナ30の熱膨張によって容器本体12に作用する引張り応力が低減し、容器本体におけるクラックの発生等を防止することができる。従って、クラック等に起因する放射線の漏洩を防止し、コンクリートキャスク10の放射線遮蔽性能を安定して維持することができる。

【0046】以上のように、上記第1の実施の形態によれば、断熱機能、中性子の遮蔽機能、および緩衝機能を有した緩衝材32を容器本体12の内周面とライナ30との間に設けることにより、耐熱性の向上および除熱性能の向上が向上し、容器本体12のコンクリート壁におけるクラック等の発生を防止し、放射性物質を長期間に亘って安全にかつ安定して貯蔵可能なコンクリートキャスクを提供することができる。

【0047】次に、この発明の他の実施の形態に係るコンクリートキャスクについて説明する。なお、以下に説明する他の実施の形態において、上記第1の実施の形態と同一の部分には、同一の参照符号を付してその詳細な説明を省略し、異なる部分について詳細に説明する。

【0048】図4および図5に示すように、この発明の第2の実施の形態に係るコンクリートキャスク10によれば、コンクリートで形成された容器本体12の周壁部分は、複数のブロックに分割され、隣合うブロック間の境界には、炭素鋼等の金属からなる分割板が埋め込まれている。

【0049】すなわち、容器本体12の内周面に設けられたライナ30の外周面には、環状に形成された3枚の第1分割板40が溶接固定され、ライナの軸方向に互いに離間して位置している。そして、各分割板40は、ライナ30の軸と直交する平面内に設けられ、その外周縁は容器本体12の外周面まで延びている。また、各分割板40は、その径方向の中間部に、ライナ30の軸方向に沿って折曲げられた段差部41を有し、この段差部41は、分割板40の円周方向全長に渡って延びている。

【0050】更に、ライナ30の外周面には、矩形板状の6枚の第2分割板42が溶接固定され、それぞれライナの軸方向に沿って延びている。また、6枚の第2分割板42は、ライナ30の円周方向に沿って互いに等間隔離間しているとともに、ライナ外周面から容器本体12の外周面まで放射方向に延出している。そして、各第2分割板42は3枚の第1分割板40と交差して設けられ、かつ、互いに溶接されている。更に、各第2分割板42は、その径方向の中間部に、ライナ30の周方向に沿って折曲げられた段差部43を有し、この段差部43は、第2分割板42の軸方向全長に渡って延びている。

【0051】第1および第2分割板40、42の各々には、多数のコンクリート打設口44が形成されている。そして、容器本体12は、第1および第2分割板40、42が溶接されたライナ30を図示しない型に入れた状

態で、コンクリートを流し込むことによって成形される。それにより、成形された容器本体12の周壁部分は、3枚の第1分割板40により、軸方向に沿って4段のブロックに分割され、更に、各段のブロックは、6枚の第2分割板42により、円周方向に沿って6つのブロックに分割されている。

【0052】上記のように構成された第2の実施の形態に係るコンクリートキャスクによれば、キャニスタ14からの熱によりライナ30が急激に加熱され熱膨張した場合でも、容器本体12のコンクリート壁に貫通クラックが発生することを防止し、遮蔽性能を安定して維持することができる。

【0053】すなわち、ライナ30がその軸方向に沿って急激に熱膨張した場合、容器本体12のコンクリート壁には軸方向に沿った引張応力が作用し、ライナの軸と直交する平面に沿った貫通クラックが生じ易い。また、ライナ30がその径方向に沿って急激に熱膨張した場合、容器本体12のコンクリート壁には径方向に沿った引張応力が作用し、ライナの軸と平行で放射方向に沿った貫通クラックが生じ易い。

【0054】しかしながら、第2の実施の形態によれば、上記のように貫通クラックが発生し易い位置に予め第1および第2分割板40、42を配置し、これらの分割板により、コンクリート壁を複数のブロックに分割している。そのため、ライナ30が急激に熱膨張し容器本体12のコンクリート壁に引張り応力が作用した場合、分割されたコンクリートブロックと第1あるいは第2分割板40、42との間に隙間が生じるだけで、コンクリート壁の他の部分における貫通クラックの発生を防止することができる。同時に、各分割板40、42は段差部41、43を有していることから、分割板とコンクリートブロックとの間に形成された隙間は、分割板の段差部によって遮蔽され、容器本体12の外周面まで貫通することがない。従って、上記隙間が形成された場合でも放射線の漏洩を防止でき、容器本体12は、遮蔽性能を安定して維持することができる。

【0055】また、第1および第2分割板40、42は、ライナ30から容器本体12の外周面まで延びているため、ヒートブリッジとして作用し、キャニスタ14から発生した熱を容器本体12外部へ逃がすことができる。これにより、コンクリートキャスク10の冷却効率が向上し、耐熱性を上げることができる。

【0056】図6および図7に示すように、この発明の第3の実施の形態に係るコンクリートキャスク10によれば、容器本体12は、コンクリートにより形成された外容器12aおよび内容器12bを有した2重構造に構成されている。

【0057】すなわち、外容器12aは、底部の閉塞された円筒状に形成され、その上部開口は蓋20によって閉塞されている。また、内容器12bは円筒状に形成さ

れ、外容器12a内に隙間を持って同軸的に配置されている。そして、内容器12bの内周面、外容器12aの底壁、および蓋20により収納部22が規定され、この収納部にキャニスタ14が収納されている。

【0058】キャニスタ14の外周面と内容器12bの内周面との間の隙間により、冷却空気が流れる冷却空気流路24aが形成されている。また、内容器12bの外周面と外容器12aの内周面との間の隙間により、冷却空気が流れる冷却空気流路24bが形成されている。これらの冷却空気流路24a、24bは、容器本体12の底部に設けられた吸気口26、および容器本体の上部に設けられた排気口28に連通している。

【0059】また、内容器12bの内周面には、ライナ30が設けられ、更に、このライナ30と内容器12bの内周面との間には、円筒状の緩衝材32が設けられている。なお、緩衝材32は省略してもよい。

【0060】上記のように構成された第3の実施の形態に係るコンクリートキャスク10によれば、容器本体12は2重構造を有していることから、キャニスタ14からの熱によりライナ30が急激に加熱され熱膨張し、内容器12bに貫通クラックが発生した場合でも、外容器12aはクラックを生じることなく健全に維持される。従って、放射線の漏洩を防止し、遮蔽性能を安定して維持することができる。

【0061】また、外容器12aと内容器12bとの隙間は冷却空気流路24bとして機能することから、コンクリートキャスク10の除熱効率が向上し、耐熱性を上げることができる。

【0062】図8に示す、この発明の第4の実施の形態に係るコンクリートキャスク10によれば、容器本体12の内周面にライナ30が設けられているとともに、容器本体の外周面は、炭素鋼等の金属からなる円筒状の外ライナ46によって覆われている。ライナ30は、例えば、40mm厚程度、外ライナ46は10mm厚程度に形成されている。

【0063】また、容器本体12の周壁には、ライナ30から外ライナ46まで径方向に延びた複数の通気パイプ48が設けられている。各通気パイプ48は、冷却空気流路24に連通しているとともに容器本体12の外周面に開口している。また、複数の通気パイプ48は、容器本体12の軸方向および周方向に離間して設けられている。更に、各通気パイプ48の中間部は、容器本体12の軸方向に折り曲げられた段差部48aを有している。

【0064】上記のように構成された第3の実施の形態に係るコンクリートキャスク10によれば、容器本体12の内周面および外周面には、ライナ30および外ライナ46が設けられているため、容器本体12の強度が向上し、耐衝撃性を上げることができる。また、キャニスタ14からの熱によりライナ30が急激に加熱され熱膨

張し、容器本体12のコンクリート周壁にクラックが発生した場合でも、外ライナ46によって放射線の漏洩を防止でき、コンクリートキャスク10の遮蔽性能を安定して維持することができる。

【0065】外ライナ46を備えていることから、コンクリートキャスク10の製造時、型枠が不要になるとともに、コンクリート内の配筋を省略でき、更に、コンクリートキャスクの振動、転倒等により容器本体10のコンクリートが破損した場合でも、コンクリートの飛散を防止することができる。

【0066】また、通気パイプ48は、ライナ30および外ライナ46を連結したタイバーとして機能するとともに、通気パイプ48を通して容器本体12内を通気することができ、キャニスタ14の除熱効率を向上することができる。

【0067】図9に示す、この発明の第5の実施の形態に係るコンクリートキャスク10は、耐衝撃性の向上を図るとともに、地震等によって振動を受けた際、あるいは、転倒した際において、内部のキャニスタ14と容器本体12の内面との衝突を防止し、キャニスタおよび容器本体を保護する構成が取られている。

【0068】すなわち、容器本体12の内周面にライナ30が設けられているとともに、容器本体の外周面は、炭素鋼等の金属からなる円筒状の外ライナ46によって覆われている。また、内側のライナ30は底板31を有し、容器本体12の底壁内面を覆っている。

【0069】このように、容器本体12の外周を外ライナ46で覆うことにより、容器本体の強度が向上し、特に、上方から大きな衝撃を受けた時における容器本体の座屈を防止し、耐衝撃性を上げることができる。同時に、容器本体12が転倒して破損した際、外ライナ46によってコンクリートの飛散を防止することができる。更に、ライナ30に底板31を設けることにより、上方から大きな衝撃を受けた時における容器本体12の底壁の破損を防止し、耐衝撃性を上げることができる。

【0070】また、キャニスタ14からの熱によりライナ30が急激に加熱され熱膨張し、容器本体12のコンクリート周壁にクラックが発生した場合でも、外ライナ46によって放射線の漏洩を防止でき、コンクリートキャスク10の遮蔽性能を安定して維持することができる。

【0071】一方、ライナ30の底板31の内面には円形の凹所50が形成され、キャニスタ14の下端部はこの凹所50内に嵌合されている。また、キャニスタ14の上端部と容器本体12の上部との間には、例えば、金属からなる4つのスペーサ52が設けられている。各スペーサ52は、L字状の断面を有し、キャニスタ14上部の外周面と容器本体12の内周面との間、およびキャニスタ14上面と蓋20内面との間に挿入されている。図9および図10に示すように、4つのスペーサ52は

容器本体12の周方向に沿って互いに離間し、かつ、排気口28を避けて設けられている。更に、キャニスタ14の金属密閉容器15内において、使用済燃料集合体18と金属密閉容器の上板との間には、スペーサ54が挿入され、使用済燃料集合体18のガタ付を防止している。

【0072】上記のように、キャニスタ14のガタ付を無くすことにより、コンクリートキャスク10が大きな衝撃を受けた場合、また、地震等により振動あるいは転倒した場合でも、キャニスタ14が容器本体12の内面や蓋20の底面に衝突することがなく、衝突による容器本体およびキャニスタの損傷を防止することができる。これにより、コンクリートキャスク10の耐衝撃性を一層向上させることができる。

【0073】図11および図12に示すように、この発明の第6の実施の形態に係るコンクリートキャスク10によれば、耐衝撃性の一層の向上を図るため、上述した第5の実施の形態に係るコンクリートキャスク10に加えて、内側のライナ30と外ライナ46とを連結した複数の連結板56が設けられている。これらの連結板56は炭素鋼等の金属によって形成され、ライナ30の外周面から外ライナ46の内周面まで放射状に延びている。

【0074】また、蓋20には、コンクリートからなる中空の上部緩衝体58が一体に設けられているとともに、容器本体12の底壁の下方には、コンクリートからなる中空の下部緩衝体60が設けられている。上部緩衝体58および下部緩衝体60は、炭素鋼等の金属板によって覆われている。

【0075】上記のように連結板56によって内外のライナ30および46を連結することにより、容器本体12の機械的強度が上がるとともに、キャニスタ14から発生した熱を連結板56を通して容器本体12外部へ導くことができ、除熱性能の向上を図ることができる。また、落下物等の衝突によってコンクリートキャスク10が大きな衝撃を受けた際、上部緩衝体58および下部緩衝体の少なくとも一方が壊れることにより衝撃を吸収し、容器本体12および内部のキャニスタ14の破壊、損傷を防止あるいは低減することができる。これにより、コンクリートキャスク10の耐衝撃性が向上し、放射性物質を長期間に亘って安全にかつ安定して貯蔵することができる。

【0076】コンクリートキャスク10の耐熱性を向上させる1つの方法として、冷却空気の流通効率を向上させて容器本体12およびキャニスタ14の除熱効率を上げることが有効となる。

【0077】そこで、図13および図14に示す第7の実施の形態に係るコンクリートキャスク10によれば、吸気口26および排気口28は、容器本体12の内面側から外面側に向かって断面積が徐々に増加するように形成され、例えば、ベルマウス構造あるいはテーパ状に形

成されている。これにより、吸気口26および排気口28における流通空気の圧力損失が低減し、冷却空気流路24を流れる自然通風量を増大することができ、その結果、容器本体12およびキャニスタ14の除熱効率を上げることができる。

【0078】また、ライナ30の内周面には、それぞれライナの軸方向全長に亘って延びた多数の放熱フィン62が設けられている。これらの放熱フィン62は、ライナ30の円周方向に沿って互いに等間隔離間しているとともに、放射状に延びている。そして、放熱フィン62は、鉄あるいはステンレス等の金属によって形成されている。また、放熱フィン62の内の複数組は、その先端同士が補強板64によって互いに連結している。これらの補強板64は、円弧状に形成され、キャニスタ14の外周面に所定の隙間を持って対向している。

【0079】上記のように放熱フィン62を設けることにより、伝熱面積が増大して自然通風による除熱量が増え、その結果、除熱効率の向上を図ることができる。また、コンクリートキャスク10が地震等によって振動した際、容器本体12に対するキャニスタ14の振動振幅が低減し、キャニスタ14と容器本体12内周面との衝突を防止可能となる。その結果、キャニスタ14および容器本体12の損傷を防止することができる。この際、補強板64により放熱フィン62の潰れが低減し、キャニスタ14と容器本体12内周面との衝突を一層低減することができる。

【0080】以上のように、第7の実施の形態に係るコンクリートキャスク10によれば、容器本体12およびキャニスタ14の除熱効率を上げることにより耐熱性を向上を図ることができ、その結果、長期間に亘って放射性物質を安定して貯蔵することができる。

【0081】なお、容器本体12内の冷却空気流路24を流れる空気は、上方に行く程に昇温する。そのため、図15に示す第8の実施の形態のように、放熱フィン62をライナ30の上半分の領域、少なくともライナの上端から全長の1/4の領域に設けることにより、除熱効率の向上を図ることができる。

【0082】あるいは、図16(a)に示すように、ライナ30の下半部では放熱フィン62の数を減らして配置密度を疎とし、図16(b)に示すように、ライナ30の上半部では放熱フィン62の数を増やし、下半部よりも配置密度を高くしてもよい。

【0083】更に、放熱フィン62は、ライナ30の内周面に限らず、図17および図18に示すように、キャニスタ14の外周面に設けられていてもよく、この場合においても、上記と同様の作用効果を得ることができる。

【0084】また、上述した実施の形態において、吸気口26および排気口28は、それぞれ容器本体12の外周面に開口している構成としたが、図19に示すように、吸気口26は容器本体12の底面に、また、排気口

28は容器本体12の上面にそれぞれ開口した構成としてもよい。この場合、吸気口26および排気口28における流通空気の圧力損失が低減し、冷却空気流路24を流れる自然通風量を増大することができ、その結果、容器本体12およびキャニスタ14の除熱効率を上げることができる。

【0085】次に、上記のように構成されたコンクリートキャスク10のいずれかを保管するためのキャスク保管庫について説明する。図20ないし図22に示すように、キャスク保管庫70は、全体がコンクリート壁によって形成され、底壁としてのキャスク設置床72、天井壁74、および複数の側壁76を備えている。

【0086】天井壁74には、それぞれ多数の吸気口80を有した2つの吸気塔82、および多数の排気口84を有した排気塔85が形成され、吸気塔82は、天井壁の両端に、また、排気塔85を天井壁の中央にそれぞれ設けられている。また、各吸気塔82の近傍には、天井壁74から底壁72の近傍まで延びた隔壁86が設けられ、吸気口に続く流入路88を形成している。

【0087】キャスク保管庫70内において、キャスク設置床72上には、多数のコンクリートキャスク10が所定の間隔をおいて整列配置されている。また、キャスク保管庫70は、キャスク設置床72上に所定の隙間をおいて平行に対向配置された中間床90を備えている。中間床90は、吸気塔82と排気塔85との間のほぼ全面に渡って設けられているとともに、各コンクリートキャスク10の吸気口26よりも僅かに高い位置で、かつ、排気口28から十分に離間して設けられている。中間床90には、多数の円形の透孔91が形成され、各コンクリートキャスク10は、この透孔91に隙間なく挿通され、中間床90を貫通した状態でキャスク設置床72上に載置されている。

【0088】そして、キャスク設置床72と中間床90との間には、吸気口80および流入路88を通して導入された外気が流れる流通空間92が規定されている。流通空間92の吸気塔82側の端90aは開口し、流入口94を規定しているとともに、排気塔85側の端90bは、中間床90をキャスク設置床72側に直角に折り曲げることにより閉塞している。また、流入口94には、複数のルーバ96が設けられている。なお、中間床90は、例えば、炭素鋼板のような金属板により形成され、コンクリートキャスク10の点検等を行う際、作業員が歩行可能となっている。

【0089】上記のように構成されたキャスク保管庫70によれば、図21および図22に矢印で示すように、吸気塔82の吸気口80からキャスク保管庫70内に流入した冷却空気は、流入路88を通過して下方へ流れ、キャスク設置床72の近傍へ導かれる。そして、導入された冷却空気の一部は、ルーバ96を通して流入口94から中間床90の下に規定された流通空間92に流入し、

残りは、中間床90の上方の空間に流入する。

【0090】流通空間92に流入した冷却空気は、複数のコンクリートキャスク10の周囲を流れ、各コンクリートキャスクの吸気口26から容器本体12内に導入される。そして、この冷却空気は、容器本体12内の冷却空気流路24を流れキャニスタ14および容器本体12を冷却した後、排気口28からキャスク保管庫70内に排気される。

【0091】また、中間床90の上方の空間に導入された冷却空気は、コンクリートキャスク10の周囲を流れてこれらを冷却するとともに、各コンクリートキャスク10の排気孔28から排気された空気と合流し、排気口84からキャスク保管庫70の外部に排出される。

【0092】以上のように構成されたキャスク保管庫70によれば、各コンクリートキャスク10の吸気孔26が床下となる高さに、歩行可能な中間床90が設けられ、作業員は、中間床90上を歩いてコンクリートキャスク10の点検等を行うことができる。そのため、作業員は、各コンクリートキャスク10の吸気孔26を横切って歩くことができなく、吸気口周辺からの放射線を受ける恐れを無くすることができる。これにより、作業員の安全性を向上することができる。

【0093】また、中間床90の下に規定された流通空間92は、中間床90によって上部の空間から仕切られているため、この流通空間92に導入された冷却空気は、大きく昇温することなく下流側のコンクリートキャスク10に到達し、容器本体12内に吸気される。そのため、キャスク保管庫70内で排気塔84の近傍に設けられた下流側のコンクリートキャスク10についても、上流側のコンクリートキャスク10の温度に影響されことなく、効率良く冷却することができる。

【0094】なお、この発明は上述した実施の形態に限定されることなく、この発明の範囲内で種々変形可能である。例えば、コンクリート製貯蔵容器の容器本体12を構成するコンクリート壁の壁厚、ライナの板厚、および各構成要素の材質、形状等は必要に応じて種々変形可能である。

【0095】

【発明の効果】以上詳述したように、この発明によれば、容器本体の除熱性能の向上を図り耐熱性を上げることに、放射性物質を長期間に亘って安全にかつ安定して貯蔵可能なコンクリート製貯蔵容器を提供することができる。また、この発明によれば、容器本体の耐衝撃性を向上させることにより、放射線の遮蔽性能を確実に維持し、放射性物質を長期間に亘って安全にかつ安定して貯蔵可能なコンクリート製貯蔵容器を提供することができる。また、この発明によれば、コンクリート製貯蔵容器を効率良く冷却可能であるとともに、作業員への放射線の影響を最小限に抑えることが可能なコンクリート製貯蔵容器の保管庫を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施の形態に係るコンクリートキャスクを一部破断して示す斜視図。

【図2】上記コンクリートキャスクの縦断面図。

【図3】上記コンクリートキャスクの一部を拡大して示す断面図、および図2の線A-Aに沿った断面図。

【図4】この発明の第2の実施の形態に係るコンクリートキャスクの縦断面図。

【図5】図4の線B-Bに沿った断面図。

【図6】この発明の第3の実施の形態に係るコンクリートキャスクの縦断面図。

【図7】図6の線C-Cに沿った断面図。

【図8】この発明の第4の実施の形態に係るコンクリートキャスクの縦断面図。

【図9】この発明の第5の実施の形態に係るコンクリートキャスクの縦断面図。

【図10】上記第5の実施の形態に係るコンクリートキャスクにおいて、蓋を取り除いた状態における容器本体の平面図。

【図11】この発明の第6の実施の形態に係るコンクリートキャスクの縦断面図。

【図12】図11の線E-Eに沿った断面図。

【図13】この発明の第7の実施の形態に係るコンクリートキャスクの縦断面図。

【図14】上記第7の実施の形態に係るコンクリートキャスクにおいて、蓋を取り除いた状態における容器本体の平面図、および図13の線F-Fに沿った断面図。

【図15】この発明の第8の実施の形態に係るコンクリートキャスクの縦断面図。

【図16】この発明の第9の実施の形態に係るコンクリートキャスクの断面図。

【図17】この発明の第10の実施の形態に係るコンクリートキャスクの縦断面図。

【図18】図17の線G-Gに沿った断面図。

【図19】この発明の第11の実施の形態に係るコンクリートキャスクの縦断面図。

【図20】この発明の実施の形態に係るコンクリートキャスクの保管庫を示す斜視図。

【図21】上記保管庫の断面図。

【図22】上記保管庫の上部を取り除いた状態を示す平面図。

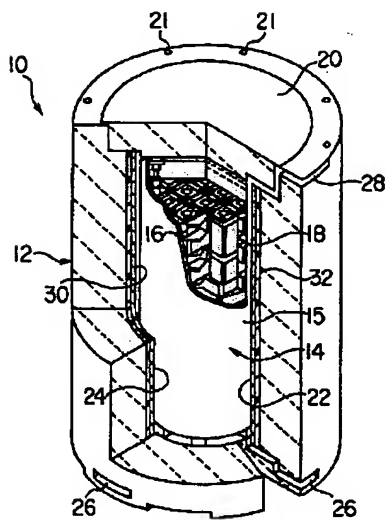
【符号の説明】

- 10…コンクリートキャスク
- 12…容器本体
- 12a…外容器
- 12b…内容器
- 14…キャニスタ
- 18…使用済燃料集合体
- 20…蓋
- 22…収納部

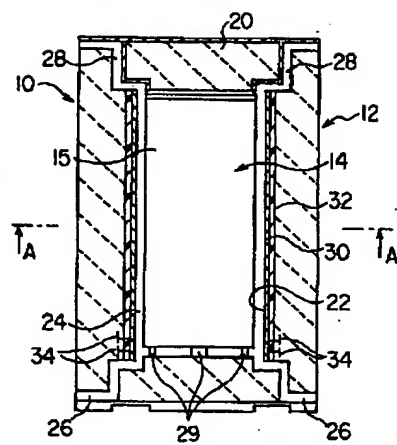
24…冷却空気流路
26…吸気口
28…排気口
30…ライナ
31…底板
32…緩衝材
40…第1分割板
41、43…段差部
42…第2分割板
50…凹所
52…スペーサ

58…上部緩衝体
60…下部緩衝体
62…放熱フィン
70…キャスク保管庫
72…キャスク設置床
74…天井壁
80…吸気口
84…排気口
90…中間床
92…流通空間

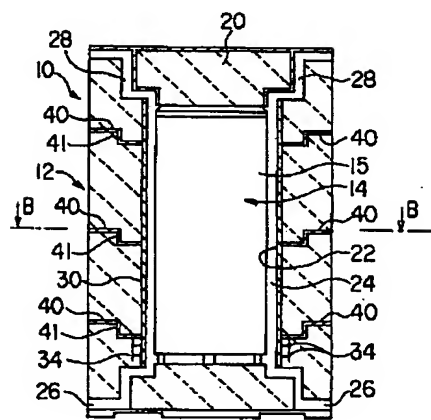
【図1】



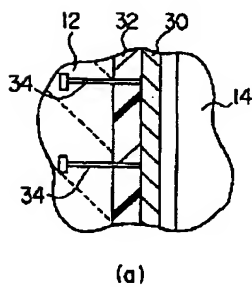
【図2】



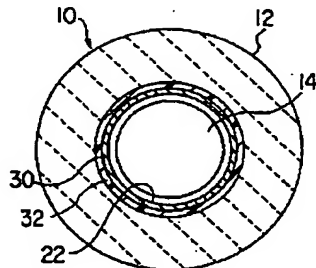
【図4】



【図3】

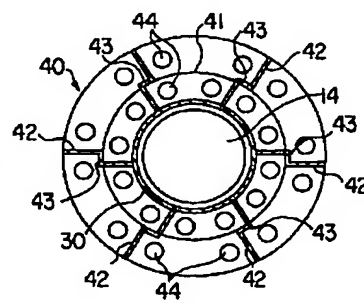


(a)

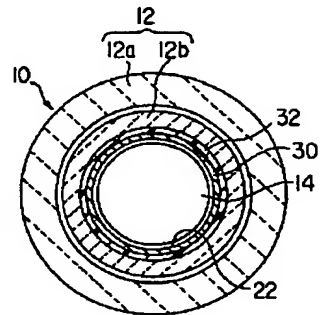


(b)

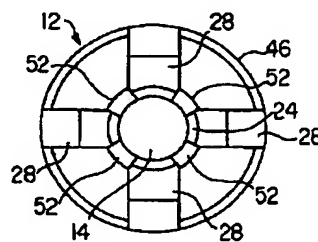
【図5】



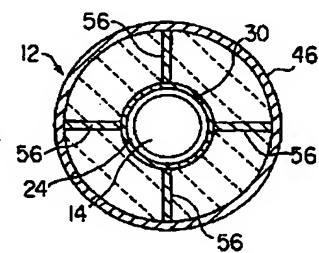
【図7】



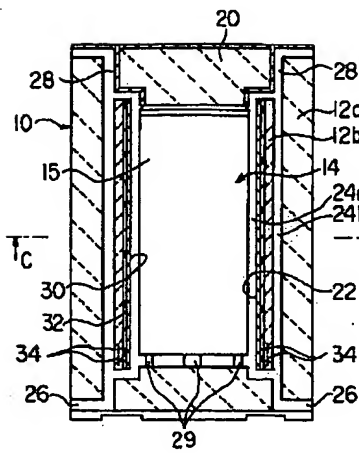
【図10】



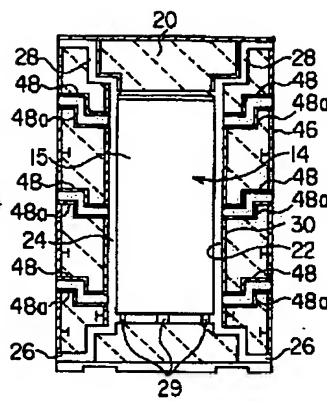
【図12】



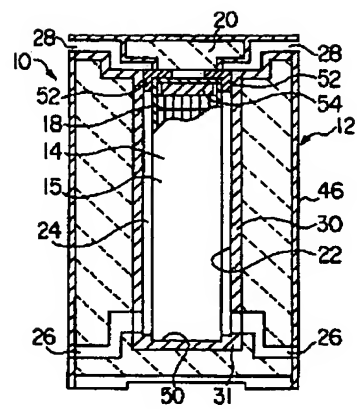
【図6】



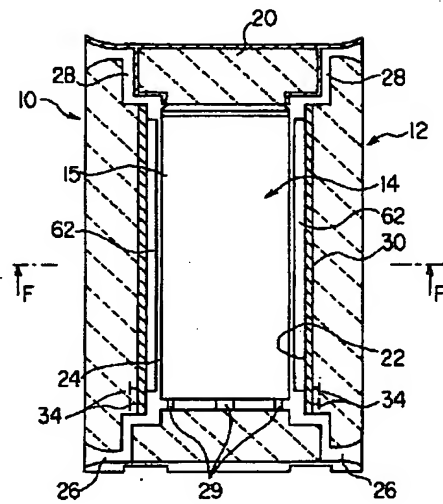
【図8】



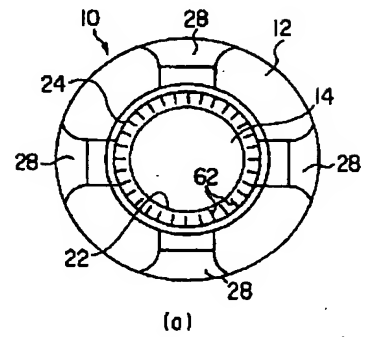
【図9】



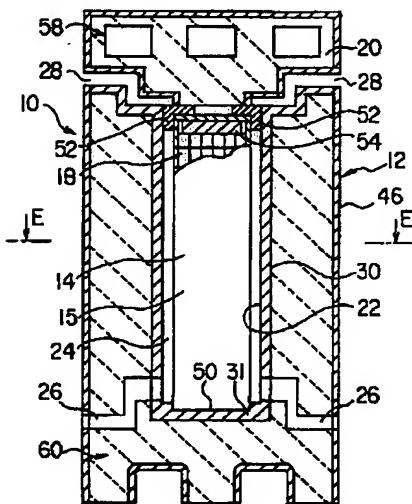
【図13】



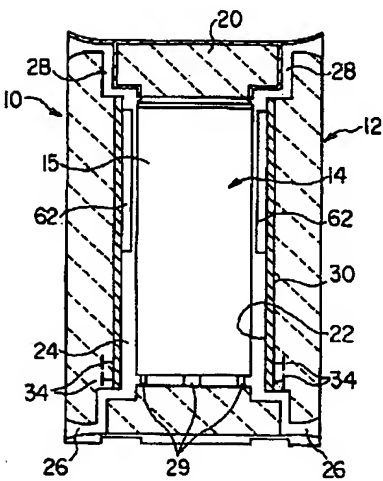
【図14】



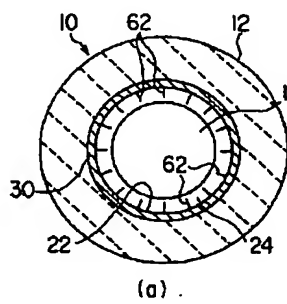
【図11】



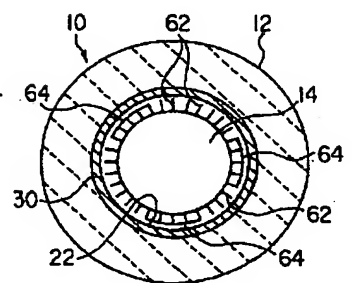
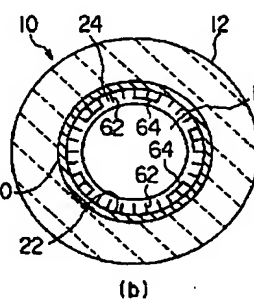
【図15】



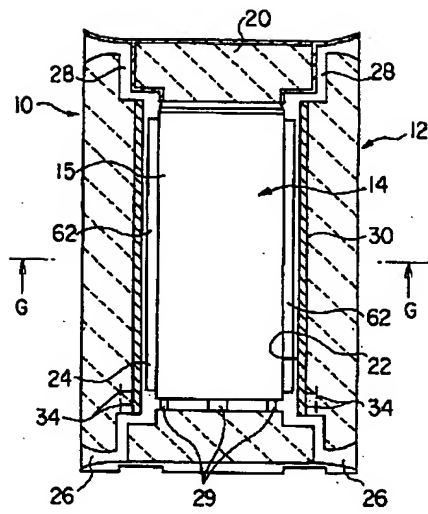
【図16】



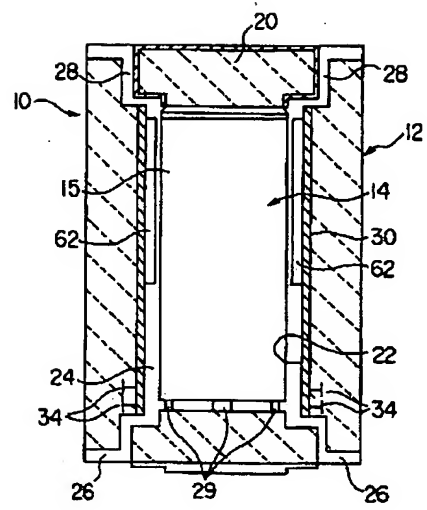
【図18】



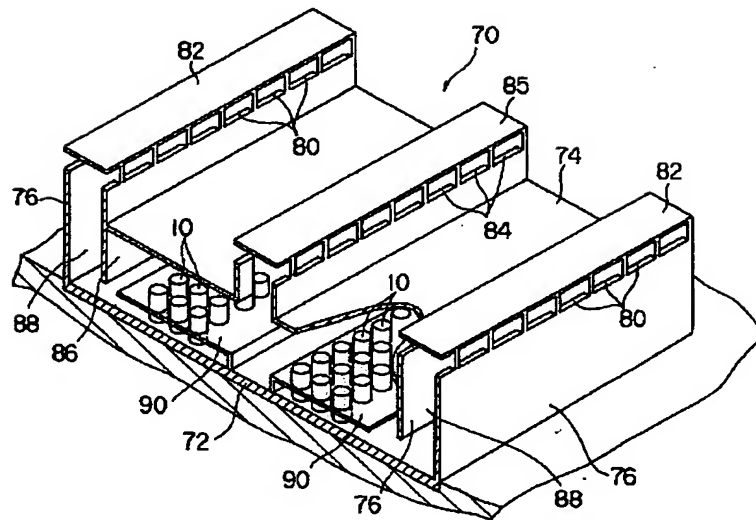
【図17】



【図19】



【図20】



A detailed cross-sectional diagram of a semiconductor device. The base is a substrate (94) with a layer (96). Above this are several regions labeled 70, 74, 80, 82, 84, 85, 86, 88, and 90d. A central channel or trench is formed by walls (76) and a bottom layer (90). Within this channel, there are three rectangular openings (10) separated by vertical dividers (12). Each opening contains a central core (24) surrounded by a ring-like structure (26). Arrows indicate various interfaces and components like 28, 90a, 90b, 91, 92, and 96.

(72) 発明者 村上 和夫
兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号
三菱重工業株式会社神戸造船所内

(72) 発明者 木村 延
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
三菱重工業株式会社高砂研究所内

(72) 発明者 入野 光博
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
三菱重工業株式会社高砂研究所内

(72) 発明者 入江 隆之
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
三菱重工業株式会社高砂研究所内